

Lee, J. Hendler, O. Lassila // Scientific American Magazine. – 2001. – Vol. 284, Part 5. – P 28–37. 4. Кириченко К. М. Обзор методов кластеризации текстовой информации [Электронный ресурс] / К. М. Кириченко, М. Б. Герасимов – Электрон. текст. дан. – 2001. – Режим доступа: [http://www.dialog-21.ru/Archive/2001/volume2/2\\_26.htm](http://www.dialog-21.ru/Archive/2001/volume2/2_26.htm). 5. Bezdek J. C., Keller J., Krishnapuram R., Pal N. R. Fuzzy Models and Algorithms for Pattern Recognition and Image Processing.–N.Y.: Springer Science + Business Media, Inc., 2005.–776 p.

Надійшла до редколегії 20.12.2012

**УДК 004.91:004.8**

**Нечеткая кластеризация и нечеткая классификация политематических текстовых документов/ Золотухин О. В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2012. – № 68 (974). – С. 79-82. – Бібліогр.: 5 назв.**

У статті розглядаються методи нечіткої класифікації та нечіткої кластеризації політематичних текстових документів Розглянуто можливості і недоліки методів .

**Ключові слова:** нейронна мережа, нечітка класифікація, нечітка кластеризація, політематичний текстовий документ.

In the article were discussed methods of fuzzy classification and fuzzy clustering of text documents polythematic. It was also described the capabilities and shortcomings of methods.

**Keywords:** neural network, fuzzy classification, fuzzy clustering, polythematic text document.

**УДК 004.8:681.5.01**

**А. Г. ДУБИНСКИЙ**, канд. техн. наук, зав. каф., Днепропетровская медицинская академия

## **ВЗАИМОСВЯЗИ ПОДЧИНЕНИЯ АГЕНТОВ В МУЛЬТИАГЕНТНОЙ СИСТЕМЕ**

Работа посвящена математическому описанию взаимосвязей в мультиагентных системах, когда агенты рассматриваются как системы автоматического управления. Представлены возможности построения отношений главный-подчиненный для создания многоуровневых иерархий агентов.

**Ключевые слова:** агент, мультиагентная система, САУ.

### **Введение**

Концепция агента (интеллектуального агента) была предложена в конце прошлого века в результате исследований в области искусственного интеллекта и целенаправленного поведения, а также разработок подходов к проектированию сложных информационных систем. Детальное описание основных вех развития теории агентов, подходов и инструментов создания агентно-ориентированных приложений дано в [1, 2].

В последние годы основным направлением развития теории агентных систем стало моделирование кооперативного поведения [3, 4]. Особый интерес к этим моделям обусловлен актуальностью технологий децентрализованного управления, важность которых подчеркивается современной идеологией использования сетевых структур в сетецентрическом мире. Однако, помимо кооперативного и конкурентного взаимодействия, огромную важность для адекватного моделирования сложных систем имеют отношения управления, в том числе мягкого и скрытого.

Для моделирования многоагентных систем успешно применяется различный математический аппарат: логико-алгебраические модели, теория графов, сети Петри и др. Данная работа посвящена описанию межагентного взаимодействия на основе базовых понятий теории автоматического управления.

### **Агент как система автоматического управления**

Существует множество определений понятия агент. Остановимся на определении из [5], по которому автономный агент – это система, существующая в пределах и как часть некоторой среды, способная воспринимать эту среду и воздействовать на нее на протяжении какого-то времени, действуя целеустремленно, согласно собственному списку

основных заданий для достижения целей в будущем.

Перечислим имманентные подсистемы – атрибуты агента:

1. набор целей;
2. рецепторы – механизмы восприятия состояния внешней среды и его отражения на внутреннее состояние агента;
3. эффекторы – совокупность механизмов осуществляющих воздействие на внешнюю среду;
4. подсистема формирования реакции, управляющая эффекторами на основе целей и состояния агента.

Агент есть часть среды, но мы всегда можем его из этой среды выделить и рассматривать как отдельную сущность. Разделим среду на две непересекающиеся части: агент и внешняя среда. Представим это как автоматическую систему управления с обратной связью (рис.), где агент есть устройство управления, а внешняя среда – объект управления.

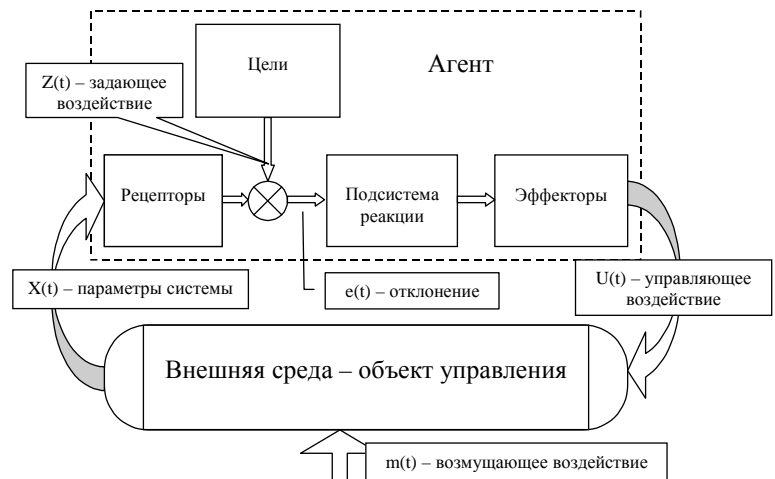


Рис. - Агент как управляющее устройство системы управления

Состояние внешней среды можно описать неким вектором  $\mathbf{X}(t) = \{x_1(t), x_2(t), \dots, x_N(t)\}$ ,

размерности  $N$ . Рецепторы агента воспринимают состояние среды и преобразуют его во внутреннее представление агента:  $\mathbf{X}_{in}(t) = \mathbf{R}(\mathbf{X}(t))$ , где  $\mathbf{R} = \mathbf{R}(t)$  – некоторый оператор. Внешняя среда может быть наблюдаема не по всем координатам; размерность  $N_{in}(\mathbf{X}_{in})$  обычно меньше  $N$ .

Наибольший интерес представляет случай с возможностью разделения рецепторов, когда оператор  $\mathbf{R}$  линейный, а его матрица – блочно-диагональная. В простейшем случае можно установить взаимно однозначное соответствие между значениями каждой компоненты  $\mathbf{X}_{in}$  и одной из компонент  $\mathbf{X}$ , независимое от значений других компонент:

$\mathbf{R} = \{R_i\}$ ;  $X_i^{in} = R_i(X_j)$ ;  $i = \overline{1..N_{in}}$ ;  $j \in [1; N]$ , т. е. каждый рецептор  $R_i$  есть функция одной переменной. Тогда в каждой строке прямоугольной матрицы оператора  $\mathbf{R}$  будет лишь один ненулевой элемент  $R_i(X_j)$ .

Положим, что все цели агента могут быть выражены в виде вектора с определенными значениями компонент. Воспринимаемое рецепторами состояние среды сравнивается с задающим воздействием – с вектором целей  $\mathbf{Z}(t) = \{z_1(t), z_2(t), \dots, z_K(t)\}$ . Компоненты, значения которых не заданы, не включены в вектор целей. Набор заданных компонент вектора может изменяться. Вектор отклонения формируется как разность задающего воздействия  $\mathbf{Z}(t)$  и проекции  $\mathbf{x}_{in}(t)$  на него:  $\boldsymbol{\varepsilon}(t) = \mathbf{Z}(t) - (\mathbf{X}_{in}(t))_{\mathbf{Z}(t)}$ , размерность равна размерности  $\mathbf{Z}(t)$ . На основании  $\boldsymbol{\varepsilon}(t)$  подсистема реакции (собственно устройство управления) формирует вектор управления  $\mathbf{U}_{in}(t) = \mathbf{I}(\boldsymbol{\varepsilon}(t))$ , который преобразуется эффекторами в управляющее воздействие  $\mathbf{U}(t) = \mathbf{E}(\mathbf{U}_{in}(t))$ , где  $\mathbf{I} = \mathbf{I}(t)$  и  $\mathbf{E} = \mathbf{E}(t)$  – некоторые операторы.

Таким образом, состояние агента определяется тройкой векторов:  $\langle \mathbf{X}_{in}, \mathbf{Z}, \mathbf{U}_{in} \rangle$ . В общем случае размерности этих векторов независимы, однако не превосходят  $N$ . Наборы

компонент этих векторов могут не совпадать. Состояние всей среды определяется состоянием агента  $\langle \mathbf{X}_{in}, \mathbf{Z}, \mathbf{U}_{in} \rangle$  и состоянием внешней среды  $\mathbf{X}$ .

Адаптация агента к внешней среде (системе управления) может осуществляться путем изменения одного или нескольких операторов:  $\mathbf{R}, \mathbf{I}, \mathbf{E}$ . Изменение  $\mathbf{I}$  при постоянных  $\mathbf{R}$  и  $\mathbf{E}$  соответствует обучающимся, интеллектуальным агентам. Адаптация при постоянном  $\mathbf{I}$  с изменением  $\mathbf{R}$  и  $\mathbf{E}$  путем замены воспринимаемых и управляемых параметров состояния внешней среды, приписанных к разным локациям (т.е. перемещение рецепторов и эффекторов агента) соответствует мобильным агентам.

#### Многоагентные системы.

Рассмотрим сначала систему, в которой агенты взаимодействуют между собой не напрямую, а лишь через объект управления. Здесь возмущающее воздействие,  $\mathbf{m}(t)$  для  $i$ -агента есть  $\mathbf{m}(t) = \mathbf{m}_0(t) + \sum_{j \neq i} \mathbf{U}_j(t)$ , где  $\mathbf{m}_0(t)$  – собственно возмущающее воздействие;  $\mathbf{U}_j(t)$  – управляющее воздействие  $j$ -агента. Непосредственное воздействие  $j$ -агента может быть обнаружено  $i$ -агентом только если параметры  $\mathbf{U}_j(t)$  наблюдаемы. Тогда отношение наблюдаемости можно описать матрицей  $\mathbf{F}$ :  $\mathbf{F}_{ij} = \mathbf{R}_i(\mathbf{U}_j(t)) \neq 0$  или ориентированным графом, вершинами которого являются агенты, а каждой дуге приписан соответствующий вектор  $\mathbf{F}_{ij}$ . Другой способ состоит в задании ориентированного мультиграфа, дугам которого приписаны соответствующие параметры системы  $x_m$ , входящие как в выражение  $\mathbf{R}$  для  $i$ -агента, так и в выражение  $\mathbf{E}$  для  $j$ -агента.

В мультиагентной системе между агентами могут быть установлены непосредственные связи, которые могут задавать такие типы отношений: кооперативное; конкурентное; отношение главный–подчиненный.

Рассмотрим осуществление связи между агентами без соблюдения инкапсуляции, когда один агент может получать непосредственный доступ к свойствам другого. То есть некоторые параметры  $\mathbf{X}^i = \{x_1^i, x_2^i, \dots, x_N^i\}$  внешней среды  $i$ -агента могут совпадать с одним из компонент состояния  $j$ -агента  $\langle \mathbf{x}_{in}^j, \mathbf{Z}^j, \mathbf{U}_{in}^j \rangle$ , где совпадающий параметр является либо наблюдаемым – т. е. воспринимается рецептором  $\mathbf{R}^i$ , либо управляемым – т. е. входит в вектор  $\mathbf{U}^i$  эффектора  $\mathbf{E}^i$ . С учетом вектора отклонения возможны восемь вариантов такого доступа – комбинации  $(\mathbf{R}^i \text{ или } \mathbf{E}^i) \times \langle \mathbf{x}_{in}^j, \mathbf{Z}^j, \mathbf{\varepsilon}^j, \mathbf{U}_{in}^j \rangle$ , которые представлены в табл.

Таблица - Возможности доступа к свойствам другого агента

	$\mathbf{R}^i$ – поток (сбор) информации	$\mathbf{E}^i$ – поток управления (действия)
$\mathbf{X}_{in}^j$	о внешней среде	дополнение информации о среде или ее фальсификация
$\mathbf{Z}^j$	о целях агента	дополнение или подмена целей
$\mathbf{\varepsilon}^j$	об эффективности управления	искажение величины ошибки
$\mathbf{U}_{in}^j$	об управлении	дополнение или подмена управления

Так, когда  $\mathbf{R}^i$  получает доступ к  $\mathbf{X}_{in}^j$  и каждая компонента  $\mathbf{X}_{in}^j$  зависит от нескольких различных параметров внешней среды  $\mathbf{X}^j$ ,  $i$ -агент получает посредством  $j$ -агента доступ к большому количеству параметров среды через результаты обработки этих параметров, выполненные оператором  $\mathbf{R}^j$ . То есть  $j$ -агент выполняет сжатие (с потерями) информации о среде для  $i$ -агента.

Когда  $E^i$  воздействует на  $Z^j$  происходит корректировка целей  $j$ -агента, согласно целям  $i$ -агента. То есть  $j$ -агент будет выполнять управление для  $i$ -агента.

Очевидно, что эти варианты связей не являются взаимоисключающими. Пусть  $i$ -агент получает доступ к  $j$ -агенту и рецепторами и эффекторами одновременно. Тогда между ними установлено отношение «главный-подчиненный». Если допустить лишь один вариант доступа для рецепторов и один для эффекторов, то получаем 16 возможных комбинаций. Рассмотрим некоторые из них.

1. 
$$\begin{cases} R^i \leftarrow X_{in}^j \\ E^i \rightarrow Z^j \end{cases}$$
 Главный агент получает от подчиненного информацию о внешней среде и

устанавливает для него цели. Подчиненного агента можно рассматривать здесь как объект управления. В этом случае система «главный агент + подчиненный» будет представлять собой систему управления по возмущению (разомкнутую).

2. 
$$\begin{cases} R^i \leftarrow \varepsilon^j \\ E^i \rightarrow Z^j \end{cases}$$
 Главный агент устанавливает для подчиненного цели и контролирует их

выполнение по отклонению. В этом случае система «главный агент + подчиненный» есть замкнутая система управления.

3. 
$$\begin{cases} R^i \leftarrow U_{in}^j \\ E^i \rightarrow \varepsilon^j \end{cases}$$
 Здесь главный агент изучает подчиненного, подавая стимул –

отклонение и воспринимая его реакцию – управление. Подобное взаимодействие можно использовать для обучения главного агента. Функционирование подчиненного агента здесь нарушено.

4. 
$$\begin{cases} R^i \leftarrow X_{in}^j \\ E^i \rightarrow U_{in}^j \end{cases}$$
 Главный агент включен параллельно подчиненному, и, пользуясь его

рецепторами и эффекторами, корректирует или подменяет управление. Однако обучение подчиненного агента не происходит.

Далее можно перейти к рассмотрению иерархической системы связей между агентами. При этом множество агентов разделяем на подмножества так, чтобы для агентов первого подмножества все их наблюдаемые и управляемые параметры были параметрами внешней среды и не являлись параметрами состояния какого-либо другого агента. Для агентов каждого следующего подмножества все наблюдаемые и управляемые параметры были параметрами состояния какого-либо агента предыдущего множества. Связи агентов можно представить с помощью орграфа.

Из рассмотренных четырех форм воздействия одного агента на другого только первые две допускают эффективное многократное последовательное включение. Объединение этих двух форм позволит описать комбинированную систему автоматического управления:

$$\begin{cases} R^{(i+1)} \leftarrow X_{in}^{(i)} \\ R^{(i+1)} \leftarrow \varepsilon^{(i)} \\ E^{(i+1)} \rightarrow Z^{(i)} \end{cases}, \text{ где } i - \text{номер уровня в иерархии.}$$

Здесь не обязательно использовать три варианта доступа совместно, можно построить систему так, чтобы иерархии получения информации о внешней среде, декомпозиции и установления целей, и контроля эффективности управления не совпадали.

Возвращаясь к сути понятия агент, отметим целеустремленность агента и наличие целенаправленного поведения. Отсюда следует, что при построении сложных многоуровневых иерархических систем можно пользоваться не только наработками теории иерархических систем автоматического управления, но и современными методами, основанными на агрегировании информации с учетом поведенческих абстракций, как, например, это сделано для двухуровневой системы управления в [6].

## Вывод

Для описания взаимодействия агентов в мультиагентных системах можно использовать хорошо разработанный математический аппарат теории автоматического управления. Построение многоуровневых систем на основе отношения главный-подчиненный требует отказа от инкапсуляции, чтобы агент более высокого уровня мог получить доступ к внутренним параметрам подчиненных агентов.

Различные комбинации вариантов доступа рецепторов и эффекторов главного агента к подчиненному позволяют организовать как САУ с требуемым типом управления – разомкнутую, замкнутую или комбинированную, так и иные формы межагентного взаимодействия.

**Список литературы:** 1. Тарасов, В. Б. От многоагентных систем к интеллектуальным организациям: философия, психология, информатика [Текст] / В. Б. Тарасов. – М.: Эдиториал УРСС, 2002. – 352 с. 2. Швецов, А. Н. Агентно-ориентированные системы: от формальных моделей к промышленным приложениям [Текст] / А. Н. Швецов / Всероссийский конкурсный отбор обзорно-аналитических статей по приоритетному направлению "Информационно-телекоммуникационные системы", 2008. – 101 с. 3. Чеботарев, П. Ю. Об исследовании сетевых моделей многоагентных систем в XXI веке [Текст] / П. Ю. Чеботарев // Первая научно-техническая конференция «Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте»: (15–16 ноября 2012, Москва) с 10-14. 4. Городецкий, В. И. Теория, модели, инфраструктуры и языки спецификации командного поведения автономных агентов: Обзор, Ч.1. [Текст] / В. И. Городецкий // Журнал РАН Искусственный интеллект и принятие решений №2, 2011 г., с. 19-30. 5. Stan Franklin, Is it an Agent, or just a Program?: A Taxonomy for Autonomous Agents, [Текст] / S. Franklin, A. Graesser // Proc. of the Third International Workshop on Agent Theories, Architectures, and Languages, Springer-Verlag, 1996. 6. Тележкин, В. Ф. Верифицированный алгоритм координации для иерархических гибридных систем управления [Текст] / В. Ф. Тележкин, П. А. Угаров // Электронный журнал "Исследовано в России", 7, 362-372, 2004.

Надійшла до редколегії 20.12.2012

## УДК 004.8:681.5.01

**Взаимосвязи подчинения агентов в мультиагентной системе/ Дубинский А.Г. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2012. - № 68 (974). – С. 82-86. – Бібліогр.: 6 назв.**

Роботу присвячено математичному опису взаємозв'язків в мультиагентних системах, коли агенти розглядаються як системи автоматичного управління. Представлено можливості побудови відносин головний-підлеглий для створення багаторівневих ієрархій агентів.

**Ключові слова:** агент, багатоагентна система, САУ.

This paper is about the mathematical description of the relationship in multi-agent systems, where agents are defined as automatic control systems. The variants of modeling the master-slave relationship for creating a multi-level agents hierarchy are described.

**Keywords:** agent, multi-agent system, automatic control system.

## УДК 004:048

**Ю. В. УЛЬЯНОВСЬКА**, канд. техн. наук, доц., Академія митної служби України, Дніпропетровськ

## ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ РОБОТОЮ АВТОМОБІЛЬНИХ ПУНКТИВ ПРОПУСКУ

Запропонована інформаційна технологія управління процедурами митного оформлення, а саме побудовані функції приналежності та базис нечітких правил, розроблена система нечіткого логічного виводу та на їх основі розроблена автоматизована система підтримки прийняття рішення.

**Ключові слова:** інформаційна технологія, нечітка логіка.

## Вступ

У сучасних умовах економічного розвитку України й виходу її на широку міжнародну

© Ю. В. УЛЬЯНОВСЬКА, 2012